

李晓炜,侯西勇,邸向红,等.从生态系统服务角度探究土地利用变化引起的生态失衡——以莱州湾海岸带为例[J].地理科学,2016,36(8):1197-1204.[Li Xiaowei, Hou Xiyong, Di Xianghong et al. Effects of Land Use Change on Imbalance in Ecosystem Services: A Case Study of Laizhou Bay Coastal Zone. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(8): 1197-1204.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2016.08.010

从生态系统服务角度探究土地利用 变化引起的生态失衡 ——以莱州湾海岸带为例

李晓炜¹, 侯西勇¹, 邸向红², 苏红帆¹

(1.中国科学院烟台海岸带研究所/中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室,
山东 烟台 264003; 2.德州学院资源环境与规划学院, 山东 德州 253023)

摘要:以莱州湾海岸带为研究区,基于2000年、2005年、2010年和2014年多时相土地利用数据,应用生态系统服务价值评估,逐层剖析土地利用变化对生态系统服务失衡特征的影响。结果表明:莱州湾海岸带供水与空气组分调节服务呈负值,2000~2014年,生态系统服务总价值丧失43%(147亿美元/a),生态系统服务多样性降低甚至丧失,呈向海性,围填海造成162亿美元生态损失。土地利用变化方式是造成生态失衡的主因,主要包括:交通工矿、盐田、养殖及城镇扩张,滩涂、河口湿地、耕地被侵占。滩涂和河口湿地减少,导致废物处理、栖息地、基因多样性、干扰调节、侵蚀防护服务丧失严重,交通工矿和城镇扩张,引起供水服务负效应加剧。

关键词:土地利用;生态系统服务失衡;海岸带

中图分类号:Q148 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-0690(2016)08-1197-08

生态系统服务功能是指生态系统与过程所形成并维持的人类赖以生存的自然环境条件与功能^[1],生态系统服务价值(Ecosystem Service Value, ESV)评估,现已成为生态经济学和环境经济学的研究重点^[2]。近几十年来,全球气候变化、环境污染不可持续的经济运作方式、生态入侵、土地利用/覆盖变化对生态系统功能产生巨大影响,进而引起生态系统服务的改变^[3,4]。其中,土地利用/覆盖变化是人类活动对环境的影响最直接的表现,土地利用/覆盖变化通过改变地表覆盖类型,从而影响生态系统的结构、过程、功能^[5]。基于土地利用/覆盖变化的生态系统服务价值估算,能从生态过程及效应、土地利用变化过程等方面来揭示生态系统服务价值的生态学意义。诸多学者也在不同空间尺度上,就土地利用变化对生态系统服务价值的影响进行了相关的研究^[6]。

近十几年来,由于经济因素的刺激,中国沿海地区正经历着前所未有的人类活动强度,这直接体现在土地利用类型的转变上。土地利用类型的转变带来直接经济效益的同时,导致生态系统服务发生巨变甚至失衡,这在水资源、空气质量、灾害防御、生物多样性等方面已具体体现出来,影响人类福祉。目前地方政府在进行土地规划的实际实施过程中,往往忽视生态系统服务。选择莱州湾海岸带作为典型区域,应用经济价值的方式,对2000~2014年土地利用转变导致的生态系统服务变化进行逐层剖析,探讨海岸带生态系统服务失衡状况及其对应的土地利用方式的问题根源。

1 研究区概况

以莱州湾海岸带的11个县、县级市为研究区,总面积20 072.91 km²(图1)。研究区的土地利用

收稿日期:2015-11-24;修订日期:2016-02-29

基金项目:国家自然科学基金项目(31500389,31461143032)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (31500389, 31461143032).]

作者简介:李晓炜(1983-),女,山东德州人,助研,博士,主要从事生态系统服务评估研究。E-mail: xwli@yic.ac.cn

通讯作者:侯西勇,研究员。E-mail: xyhou@yic.ac.cn

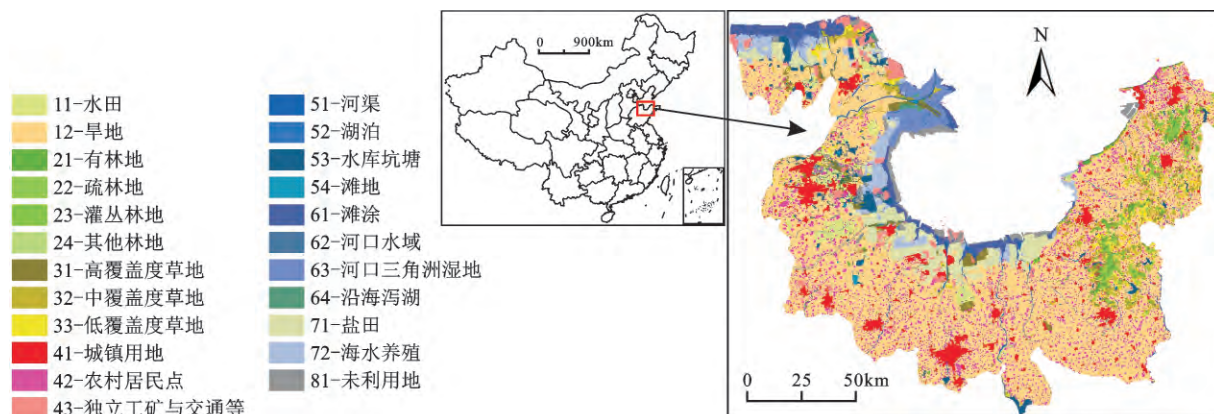


图1 莱州湾海岸带地理位置及土地利用分布(2014年)

Fig.1 Location and land use/cover pattern in the Laizhou Bay coastal zone in 2014

以耕地为主;林地、草地主要分布于东部地区;城镇大量分布,面积较大;农村居民点面积较小,数量多、分布离散;独立的交通和工矿用地在沿海地区分布较多,面积大小不一;沿海区域还分布着大量的滩涂、盐田、养殖、河口三角洲、水库坑塘等土地利用类型。

2 数据来源与研究方法

2.1 土地利用分类系统及数据来源

采用邱向红等^[7]建立的中国海岸带土地利用分类系统和解译标志,基于2000年、2005年、2010年和2014年成像的Landsat TM/ETM+/OLI遥感影像,在ArcGIS软件中,参照DEM、植被图、土壤图等信息,结合野外实地调查,按照1:10万比例尺制图规范,目视解译建立莱州湾海岸带2000年、2005年、2010年和2014年的土地利用分布图。土地利用(LU)分类系统包含8个一级类型和24个二级类型,制图范围在陆域取沿海县级市行政边界,海域取决于遥感影像解译能力。

Landsat 遥感数据源于美国地质勘探局网站(<http://glovis.usgs.gov/>),分辨率为30 m。DEM数据源于美国航天局(NASA)与日本经济产业省

(METI)共同推出的地球电子地形数据 ASTER GDEM。植被图、土壤图等信息来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/>)。

2.2 生态系统服务价值量评估方法

参考千年生态系统服务分类体系^[1],根据文献分析结果^[8-14],基于海岸带不同土地利用类型生态系统功能特点,将生态系统服务分为4个一级类型、22个二级类型(表1)。

生态系统服务的价值量评估是指从货币价值量的角度对生态系统提供的服务进行定量评价。借鉴相关研究成果^[8-14],计算出海岸带不同土地利用类型生态系统服务单价及类型数量表(表2),计算过程中,对不同年份不同国家的货币单位,应用CPI (Consumer Price Index) 和 PPP (Purchasing Power Parity)进行统一换算,转换为2014年国际货币单位(1国际货币=1美元),公式(1)如下:

$$ESV_i = ESV_o \times (CPI_{2014}/CPI_o) \times (PPP_{USA}/PPP_o) \quad (1)$$

其中, ESV_i 为转换后 ESV , ESV_o 为原文献中 ESV , CPI_{2014} 为2014年 CPI 指数, CPI_o 为原文献研究年份 CPI , PPP_{USA} 为美国 PPP , PPP_o 为原文献中研究地所在国 PPP 。

基于GIS进行叠加分析和缓冲区分析,生成生

表1 生态系统服务分类系统

Table 1 Ecosystem services categories

供给服务	调节服务	支持服务	文化服务
1.食物生产;2.供水	7.空气组分调节;8.气候调节;9.干扰调节;	16.栖息地/避难所	18.美学;19.休闲娱乐
3.原材料;4.遗传资源	10.水体调节;11.废物处理;12.侵蚀防护;	17.基因多样性	20.灵感;21.宗教价值
5.医药资源;6.景观资源	13.营养循环;14.授粉;15.生物防治		22.认知发展

表2 各类土地利用生态系统服务的类型多样性及价值单价[美元/(hm²·a),2014年物价水平]Table 2 Summary of monetary values for each ecosystem service and functions per land use type[\$/(hm²·a), price levels in 2014]

LU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11**	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12**	86	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21*	341	218	207	0	0	0	0	174	0	0	8	6
22*	171	109	103	0	0	0	0	87	0	0	4	3
23*	59	0	194	0	0	37	0	8	0	0	0	15
24*	341	218	207	0	0	0	0	174	0	0	8	6
31*	1361	69	61	0	1	0	0	46	0	0	86	50
32*	680	34	30	0	1	0	0	23	0	0	43	25
33*	272	14	12	0	0	0	0	9	0	0	17	10
41***	0	-13843	0	0	0	0	-539	0	0	0	-632	0
42***	0	-13843	0	0	0	0	-539	0	0	0	-632	0
43***	0	-61976	0	0	0	0	-2834	0	0	0	-5919	0
51*	121	2064	0	0	0	0	0	0	0	0	214	0
52*	121	2064	0	0	0	0	0	0	0	0	214	0
53*	121	2064	0	0	0	0	0	0	0	0	214	0
54*	701	466	485	0	113	130	0	557	3409	6401	3442	2977
61*	1269	1390	409	11	344	0	0	74	6110	0	185109	4486
62*	2722	0	14	0	0	0	0	547	0	0	0	28964
63*	1269	1390	409	11	344	0	0	74	6110	0	185109	4486
64*	2722	0	14	0	0	0	0	547	0	0	0	28964
65*	106	0	9	0	0	0	0	74	0	0	0	0
71*	0	0	7872	0	0	0	0	207	0	0	8179	4
72**	11413	0	4434	0	0	0	1110	571	0	0	236	0
81***	3	0	6	0	0	0	9	20	0	11	41	27
LU	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	总计	类型多样性
11**	0	22	38	0	0	0	0	0	0	0	147	3
12**	0	22	38	0	0	0	0	0	0	0	147	3
21*	106	0	268	0	984	0	1129	0	0	1	3442	11
22*	53	0	134	0	492	0	565	0	0	1	1721	11
23*	0	35	0	1453	3	0	8	0	0	0	1813	9
24*	106	0	268	0	984	0	1129	0	0	1	3442	11
31*	0	0	0	0	1386	191	30	0	0	0	3279	10
32*	0	0	0	0	693	95	15	0	0	0	1640	10
33*	0	0	0	0	277	38	6	0	0	0	656	10
41***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-15014	-3
42***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-15014	-3
43***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-70729	-3
51*	0	0	0	0	0	0	2473	0	0	0	4872	4
52*	0	0	0	0	0	0	2473	0	0	0	4872	4
53*	0	0	0	0	0	0	2473	0	0	0	4872	4
54*	1956	0	1082	1469	1334	1475	2524	799	0	0	29322	17
61*	51	0	0	12158	7410	0	2504	0	0	0	221323	13
62*	0	0	0	222	206	0	292	0	24	25	33015	9
63*	51	0	0	12158	7410	0	2504	0	0	0	221323	13
64*	0	0	0	222	206	0	292	0	24	25	33015	9
65*	0	0	0	0	6	0	364	0	0	0	559	5
71*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16263	4
72**	0	0	0	0	223	0	0	0	491	0	18479	7
81***	0	0	0	0	63	0	38	0	0	0	218	9

注:标*的土地利用类型的生态系统服务价值参考文献[9],标**参考文献[8],标***参考文献[13],标*参考文献[12],标**参考文献[14],标***参考文献[11]。

态系统服务多样性及价值量变化空间分布图,分析土地利用变化对生态系统服务影响特征。

3 结果与分析

3.1 莱州湾海岸带土地利用类型的转移特征

2000~2014年莱州湾海岸带土地利用类型转移面积4 474 km²,2010年前转移速度较慢,2010年后加快。主要减少类型为滨海湿地、草地、耕地,分别占总转移面积26%、21%、20%;主要扩张类型为城镇用地、盐田、耕地、养殖、工矿交通(图2)。

① 滨海湿地丧失1 180 km²,流向盐田、未利用地、养殖、工矿交通。垦利至广饶县沿海滩涂、龙口浅海水域、东营北部、寿光至莱州市滨海湿地被大面积围垦;② 盐田增加438 km²,养殖增加349 km²,主要侵占滨海湿地;③ 317 km²未利用地主要转为耕地、盐田、工矿交通、养殖。新形成未利用地293 km²(围垦滨海湿地);④ 东营、寿光、潍坊沿海区域,工矿交通加速扩张,2014年面积是2000年的1.65倍,侵占滨海湿地、草地、耕地、海域和未利用地;⑤ 城镇飞速扩张,2014年面积为2000年的3.55倍,主要侵占周围耕地(311 km²)、农村居民点(300 km²),驱动草地转耕地、耕地转为农村居民点。

3.2 莱州湾海岸带生态系统服务功能多样性及价值量空间变化特征

湿地围垦导致莱州湾东部及南部滨海区域生态系统服务功能不同程度地丧失(图3a),以工矿交通建设最重,导致滨海湿地13类服务功能尽失,

并产生供水、气体调节、废物处理服务负效应,盐田扩张造成栖息地、基因多样性、及干扰调节服务等9类生态系统服务丧失,及废物处理、侵蚀防护服务剧降,由于未利用地各生态系统服务价值极低,滩涂及浅海水域围垦分别造成13类、3类服务功能丧失殆尽;城市化导致生态系统服务功能由10类变为负3类,城镇为中心呈辐射分布。

莱州湾海岸带生态系统服务价值变化呈明显陆海梯度特征(图3b、表3、图4),围垦、工矿交通及城镇扩张侵占滨海湿地导致的生态损失主要集中在近海20 km范围内;养殖、盐田侵占耕地及草地,仅供给服务呈增加趋势;黄河口新生湿地呈现生态系统服务功能及价值增加趋势。

2000~2014年,莱州湾海岸带生态系统服务总价值由343亿美元/年减为196亿美元/年,减小43%。由表4可知:1) 造成生态系统服务价值减少的主要原因,是滩涂、河口三角洲湿地、耕地被侵占,分别造成90.9、78.0、11.1亿美元的损失,其中,滩涂被侵占为未利用地(-36.5亿美元)、盐田(-29.9亿美元)、草地(-11.0亿美元)造成的损失比重大,河口三角洲湿地被侵占为养殖(-26.8亿美元)、盐田(-17.7亿美元)、河渠水库(-13.2亿美元)、交通工矿用地(-12.0亿美元)造成的损失比重大,耕地被侵占为交通工矿(-6.6亿美元)、城镇(-4.7亿美元)、农村居民点(-3.0亿美元)造成的损失比重大;2) 经济发展驱动的城镇扩张、工矿交通建设、盐田及养殖扩张,引起巨大的生态系统服

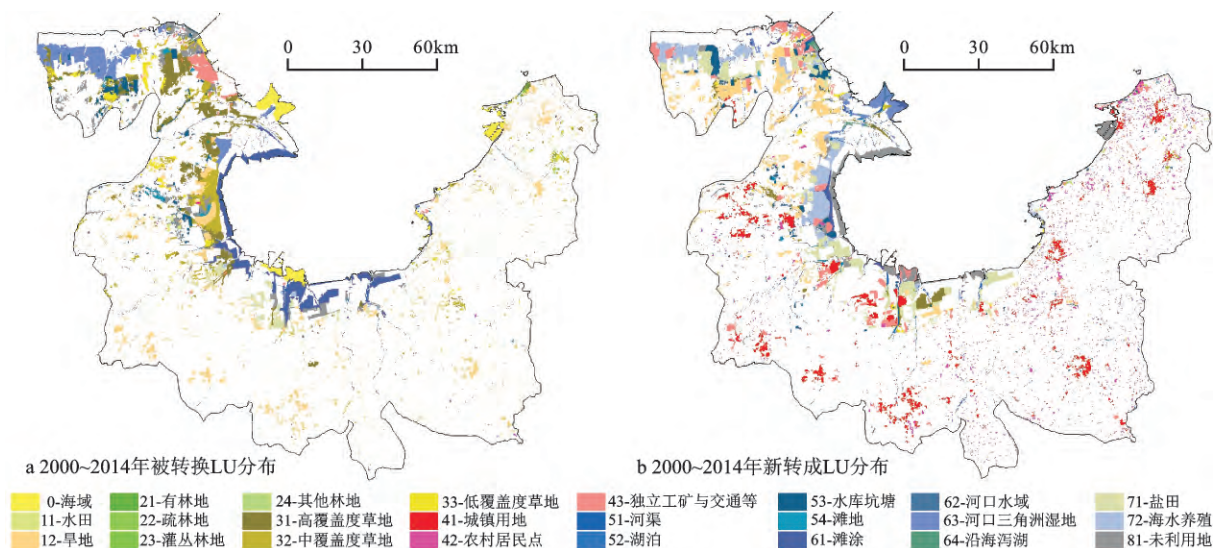


图2 莱州湾土地利用空间格局转移特征分布,2000~2014年

Fig.2 Change of land use/land cover of Laizhou Bay coastal zone in 2000-2014

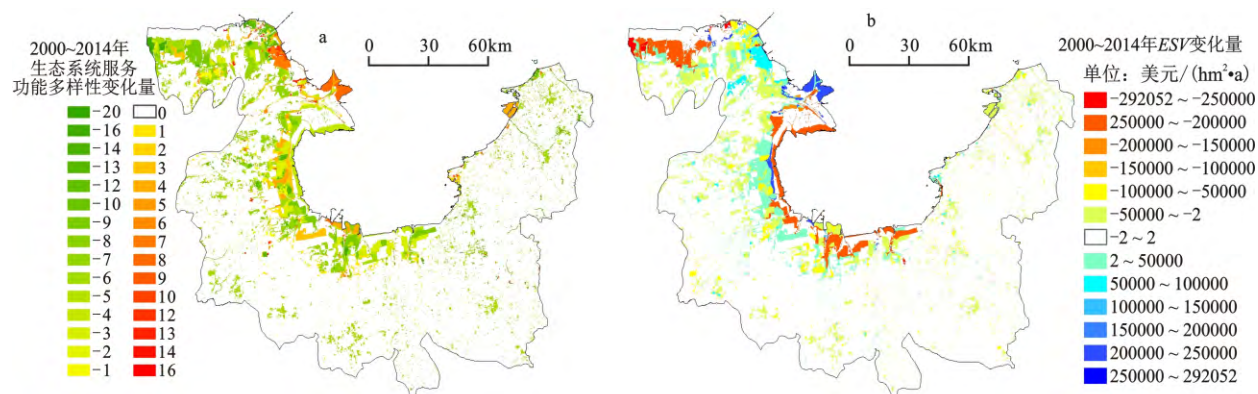


图3 2000~2014年土地利用变化导致的生态系统服务功能多样性变化及价值变化

Fig.3 Change of ecosystem service functions and values caused by land use change in 2000-2014

表3 2000~2014年莱州湾生态系统服务价值变化向海梯度分析(10⁶美元)Table 3 Multiple buffer analysis of the change of ecosystem service values in Laizhou Bay coastal zone, 2000-2014 (10⁶\$)

离海岸距离 (km)	减少量 (10 ⁶ \$)	增加量 (10 ⁶ \$)	滨海湿地丧失 (10 ⁶ \$)	转为城镇用地 (10 ⁶ \$)	转为农村居民点 (10 ⁶ \$)	转为交通工矿 (10 ⁶ \$)	转为未利用地 (10 ⁶ \$)
10	-15197	5273	-13783	-253	-119	-2295	-3871
20	-4292	614	-3103	-272	-67	-1080	-44
30	-609	198	-3	-85	-66	-326	-3
40	-179	32	0	-72	-40	-25	-1
50	-290	51	0	-132	-36	-105	0
60	-281	24	0	-101	-44	-120	0

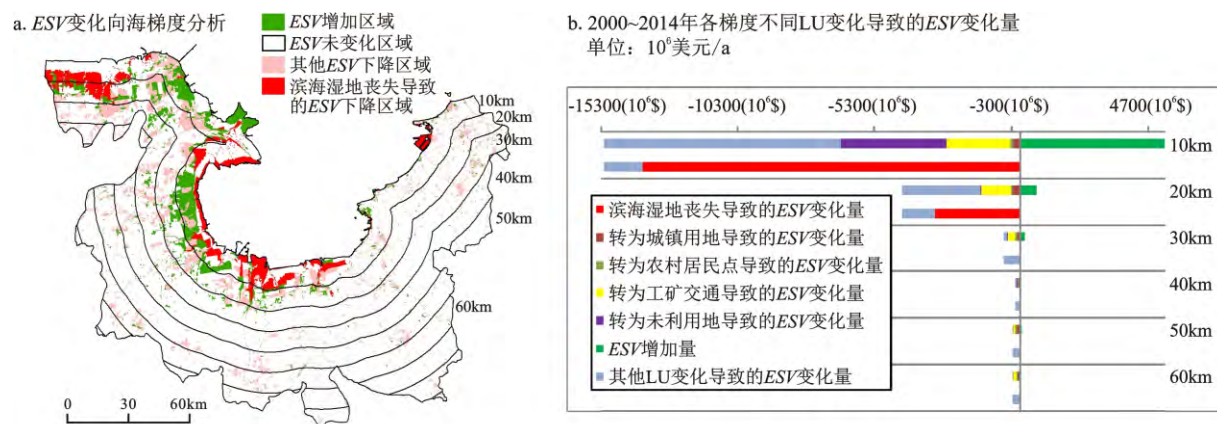


图4 莱州湾生态系统服务价值变化向海梯度分析图,2000~2014年

Fig.4 Multiple buffer analysis of the change of ecosystem service values in Laizhou Bay coastal zone, 2000-2014

务价值损失,分别造成6.6亿美元、40.0亿美元、40.4亿美元和23.6亿美元的损失;3)沿海围填海活动共造成162.4亿美元生态损失,其中,围填前期滩涂及河口三角洲等转为未利用地,已造成38.8亿美元生态系统服务价值的丧失,未来时期转为工矿交通的趋势,将导致该区域生态价值剧降。

3.3 莱州湾海岸带生态系统服务二级类型变化特征

2014年莱州湾海岸带占比重较大的生态系统服务类型依次为废物处理、栖息地、原材料、食物生产、基因多样性,供水(-64.8亿美元)及空气组分调节(-2.23亿美元)呈负值,主要由于城镇、农村居民点、工矿交通用地在水资源、空气组分、废

表4 莱州湾土地利用转化引起生态系统服务变化转移矩阵2000~2014年(10⁶美元/a, 2014年物价水平)Table 4 Transition matrix of ecosystem service values caused by land use change in 2000-2014 (10⁶\$/a, price levels in 2014)

	耕地	林地	草地	城镇用地	农村居民点	独立工矿交通	内陆水体	滨海湿地	盐田	养殖	未利用地	总计
耕地	0	2.6	2.5	-471.7	-300.6	-655.9	64.3	4.9	130.5	117.9	0	-1105.5
林地	-0.9	0.1	-0.2	-8.2	-15.3	-43.8	0.8	3	0	0.5	0	-64
草地	-86.5	0.2	-8.5	-36.8	-37.5	-435	37.4	1469.8	152	183.1	-7.3	1230.8
城镇交通工矿等	60.7	5.9	108.8	277.2	8.8	-5.4	198.2	178.7	359.4	124.5	37	1353.8
内陆水体	-100.7	-0.6	-45.8	-12.9	-8.8	-225.5	-92.6	158.3	14.7	18.5	-5.2	-300.9
滩涂	-39.3	-20.3	-1096.6	-225.7	-27.3	-274.1	-433.6	-110.9	-2989	-226.9	-3645.6	-9089.4
河口水域	0	0	-0.2	0	0	0	-0.5	7.5	0	0	-0.6	6.3
河口三角洲湿地	-16.6	0	-151.8	0	0	-1202.3	-1321.7	-404.4	-1770.8	-2675.7	-254.3	-7797.6
沿海泻湖/瀉湖	0	0	0	0	0	0	0	3.9	0	0	0	3.9
浅海水域	0	0	0.1	-6.4	-1.4	-198.3	0.5	2026.4	0.1	17.2	-2.3	1835.9
盐田	-22	0	-11.1	-133.5	-7.4	-609.9	-0.6	5.4	0	18.1	-2.8	-763.8
养殖	-6.6	-0.1	-1.1	-17.2	-1.2	-10.2	0.1	8.3	-27.8	0	-0.5	-56.4
未利用地	-0.8	0	2.2	-20.9	-1.8	-336.3	16.9	191	87.3	58.2	0	-4.2
总计	-212.8	-12.1	-1201.6	-656.1	-392.6	-3996.7	-1530.9	3541.9	-4043.7	-2364.6	-3881.7	-14751

物处理方面产生负影响。2000~2014年,莱州湾海岸带供水、水体调节、美学、营养循环、干扰调节、遗传资源、医药资源、空气组分调节、栖息地、废物处理、基因多样性、侵蚀防护服务分别降低59%、49%、45%、42%、38%、37%、37%、37%、36%、36%、17%。针对2000~2014年生态系统服务变化最为剧烈的四类土地利用类型:城镇、工矿交通、滩涂、河口三角洲湿地,分析其生态系统服务二级类型变化特征(表5),滩涂和河口三角洲湿地的减少,导致废物处理(-111.7亿美元)、栖息地(-7.4亿美元)、基因多样性(-4.5亿美元)、干扰调节(-3.7亿美元)、侵蚀防护(-2.7亿美元)服务价值丧失严重,城镇和交通工矿用地的扩张,引起供水服务负效应(-24.2亿美元)的加剧。

4 结论与讨论

2000~2014年莱州湾海岸带经历了前所未有的围填海、城市化强度,并在2010年后加剧。工矿交通、盐田养殖、城镇急剧扩张,大量侵占滩涂、河口三角洲湿地、耕地,导致生态系统服务价值急剧下降,服务功能不同程度地丧失,并呈现距海越近变化强度越剧烈的趋势。供水及空气组分调节服务呈现的负值,主要是由于城镇、农村居民点、工矿交通用地生活废弃物、污染排放等过程,在水资

源、空气组分、废物处理方面产生的负影响。

莱州湾海岸带存在着比较明显的围填海过程,黄河口至莱州湾南岸一带的沿海滩涂已被大面积围填,潍坊及龙口人工岛,有大范围浅海水域被围填,目前这些围填区域处于“未利用地”状态,未来的经济开发建设,将不可避免地导致生态系统服务功能进一步丧失,以及生态系统服务负效应的出现,应加强对这些区域未来发展态势的动态监测及预警,以便制定相应约束性政策措施;同时从生态系统服务权衡的角度,探寻未来时期合理的围填强度及围填区域,使莱州湾海岸带生态系统服务的时空格局趋于合理稳定。

莱州湾滨海湿地的大规模开发围垦,导致的生态系统调节服务、支持服务、文化服务的减损,其价值虽在社会经济活动中未直接体现,但却是人类社会经济的支持基础,这些服务的大量丧失,将为沿海区域带来不可逆转的人类福利丧失,并在未来时期逐渐影响该区域经济发展。因此,对东营市北部的滨海湿地区域、寿光县及昌邑县的仅存的滨海湿地,应从保护不可替代的生态系统服务的角度,就相关政府规划进行调整,设定滨海湿地保护优先区、适度开发区等,协调湿地资源利用方式,从而维持湿地保护和利用的平衡。

表5 莱州湾典型土地利用类型变化导致的二级生态系统服务价值变化量,2000~2014(10⁶美元/a)Table 5 Chang of ecosystem services values of different land use types, 2000-2014 (10⁶\$/a)

二级生态系统服务	城镇用地	工矿交通用地	滩涂	河口三角洲湿地	其他LU类型	总计
1.食物生产	0	0	-39	-37	330	254
2.供水	-1064	-1358	-43	-41	121	-2384
3.原材料	0	0	-13	-12	492	468
4.遗传资源	0	0	0	0	0	-1
5.医药资源	0	0	-11	-10	-1	-22
6.景观资源	0	0	0	0	-1	-1
7.空气组分调节	-41	-62	0	0	43	-61
8.气候调节	0	0	-2	-2	24	19
9.干扰调节	0	0	-189	-179	-24	-392
10.水体调节	0	0	0	0	-44	-44
11.废物处理	-49	-130	-5738	-5430	345	-11001
12.侵蚀防护(土壤保持持留)	0	0	-139	-132	128	-142
13.营养循环	0	0	-2	-2	-14	-17
14.授粉	0	0	0	0	-1	-1
15.生物防治	0	0	0	0	-9	-9
16.栖息地/避难所	0	0	-377	-357	-9	-743
17.基因多样性	0	0	-230	-217	-77	-524
18.美学	0	0	0	0	-21	-21
19.休闲娱乐	0	0	-78	-73	8	-143
20.灵感	0	0	0	0	-6	-6
21.宗教价值	0	0	0	0	17	17
22.认知发展	0	0	0	0	0	0
总计	-1154	-1550	-6860	-6492	1304	-14751

参考文献(References):

- [1] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being [M]. Washington, DC: Island Press, 2005.
- [2] Ghermandi A, Nunes P A L D. A global map of coastal recreation values: Results from a spatially explicit meta-analysis [J]. Ecological Economics, 2013, 86:1-15.
- [3] Wilkinson C. Status of the Coral Reefs of the World: 2008[R]. Townsville (Australia): Australian Institute of Marine Science, 2008.
- [4] Lopes L F G, dos Santos Bento J M R, Arede Correia Cristovão A F et al. Exploring the effect of land use on ecosystem services: The distributive issues [J]. Land Use Policy, 2015, 45: 141-149.
- [5] Song W, Deng X, Yuan Y et al. Impacts of land-use change on valued ecosystem service in rapidly urbanized North China Plain [J]. Ecological Modelling, 2015, 318: 245-253.
- [6] 王娟, 崔保山, 卢远. 基于生态系统服务价值核算的土地利用规划战略环境评价 [J]. 地理科学, 2007, 27(04): 549-554. [Wang Juan, Cui Baoshan, Lu Yuan. Strategic environment assessment of land use program based on evaluation of ecological services value. Scientia Geographica Sinica, 2007, 27(04): 549-554.]
- [7] 邸向红, 侯西勇, 吴莉. 中国海岸带土地利用遥感分类系统研究 [J]. 资源科学, 2014, 36(3): 463-472. [Di Xianghong, Hou Xiyong, Wu Li. Land use classification system for China's coastal zone based on remote sensing. Resources Science, 2014, 36(3): 463-472.]
- [8] Costanza R, d'Arge R, deGroot R et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387: 253-260.
- [9] de Groot R, Brander L, Van der Ploeg S, et al. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units [J]. Ecosystem services, 2012, 1(1): 50-61.
- [10] Wan L, Ye X, Lee J et al. Effects of urbanization on ecosystem service values in a mineral resource-based city [J]. Habitat International, 2015, 46: 54-63.
- [11] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法 [J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919. [Xie Gaodi, Zhen Lin, Ru Chunxia et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5): 911-919.]

- [12] 张绪良, 叶思源, 印萍, 等. 莱州湾南岸滨海湿地的生态系统服务价值及变化 [J]. 生态学杂志, 2008, 27(12): 2195-2202. [Zhang Xuliang, Ye Siyuan, Yin Ping et al. Ecosystem services value and its temporal change of coastal wetlands in southern Laizhou Bay. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(12): 2195-2202.]
- [13] 杜红亮, 陈百明, 杨克. 河北省生态功能修正价值的时空分布 [J]. 生态学报, 2010, 30(9): 2361-2370. [Du Hongliang, Chen Baiming, Yang Ke. Spatio-temporal distribution of the corrected ecological function values in Hebei Province. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(9): 2361-2370.]
- [14] 王兆礼, 张汉华, 朱长波, 等. 深澳湾养殖生态系统服务功能价值评估 [J]. 海洋环境科学, 2014, 33(3): 378-382. [Wang Zhaoli, Zhang Hanhua, Zhu Changbo et al. Evaluation function of mariculture ecosystem service in Shen'ao Bay. Marine Environmental Science, 2014, 33(3): 378-382.]

Effects of Land Use Change on Imbalance in Ecosystem Services: A Case Study of Laizhou Bay Coastal Zone

Li Xiaowei¹, Hou Xiyong¹, Di Xianghong², Su Hongfan¹

(1. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, Shandong, China; 2. College of Resources, Environment and Planning, Dezhou University, Dezhou 253023, Shandong, China)

Abstract: Based on RS and GIS technology, using high-resolution Landsat TM image data in 2000, 2005, 2010 and 2014, taking typical Laizhou Bay coastal zone as the study area, the paper analyzed land use change in Laizhou Bay coastal zone from 2000 to 2014, and assessed the changes of ecosystem functions and ecosystem services value (ESV) by drawing a connection between the observed land use dynamics and the evaluation of ESV, based on the benefit transfer method. The outcomes indicated that: 1) During the period 2000 to 2014, ESV of Laizhou Bay coastal zone decreased by 43%, from US \$ 34.3 to 19.6 billion per year, net loss of yearly ecosystem service value was about US \$ 14.7 billion. The ecosystem service functions were lost seriously. 2) The values of water supply service and air quality regulation are US \$ -6.48 and US \$ -0.22 billion per year, respectively. 3) The main causes of the decline of total ecosystem service value were the expansion of the construction land, salt pan, aquaculture, urban land and the decrease of the coastal wetland and cropland. 4) Sea and wetland reclamation caused US \$ 16.2 billion loss of ecosystem service value yearly. The ecosystem service values of waste treatment, nursery service, genetic diversity, disturbance moderation, erosion prevention were lost seriously due to the loss of coastal wetlands. The ecosystem service value of water supply was lost seriously due to the expansion of the construction land and urban land. Results in this paper would lead government officials to realize the importance of ecosystem functions and services in Laizhou Bay coastal zone and identify the core ecosystem services from a socio-economic perspective. Land use change may seem economically profitable. However, after losing ecosystem services such as regulating or supporting services, the imbalance in ecosystem services would impact the human well-being and socio-economic development. Policy making should consider imbalance in ecosystem service, protect regional ecosystem services function and maintain its stability, so that ecosystems are preserved and society benefited.

Key words: land use; imbalance in ecosystem services; coastal zone